

Vízgazdaságtan, avagy a vízlábnyom mérése és gazdasági összefüggései

FOGARASSY CSABA, NEUBAUER ÉVA

BEVEZETÉS

Európának olyan megközelítésre van szüksége a vízkészlet-gazdálkodásban, ami fenntartható és „kereslet által irányított”, ugyanakkor a vízmegőrzésre és a hatékony használatra összpontosít. Ez a megfogalmazás a vízkivételnek egy sokkal igazságosabb megközelítése, ami nemcsak a versenyző gazdasági ágazatokra irányul, hanem az egészséges édesvízi ökoszisztéma-igényre is. **A sikeresen működő kereslet által irányított vízkészlet-gazdálkodás mind a klímaváltozáshoz való alkalmazkodást, mind az alacsony energiafogyasztáshoz való hozzájárulást jelenti Európa-szerte, mivel a víz- és energiafelhasználás szoros kapcsolatban áll egymással.** Európában a vízhez kapcsolódó politikában és törvénykezésben is tükröződik a vízkészlet-gazdálkodás egy fenntarthatóbb és összevont megközelítésének szükségessége, de ez a gyakorlatból sajnos még hiányzik. A Víz Keretirányelv például előírja a fenntartható vízhasználat elősegítését, ami az elérhető vízkészletek hosszú távú védelmén alapul, de piaci karakterisztikát (kereslet–kínálat–ár) nem ad neki. Az Európai Bizottság a vízhiány és aszály kihívásait is felismerte, már 2007-ben bemutatott egy sor olyan politikai megoldást, amelyek Európa-szerte jelen lévő vízhiányra és aszályra irányuló, keresletoldalú gazdálkodásra összpontosítottak. A vízkészlet-gazdálkodás optimális megközelítését az Unióban egyértelműen a megőrzésen és a megóvás hatékonyságán alapuló keresletoldalú intézkedések képviselik. Ez a megközelítés néhány európai régióban már teljesen elfogadott, mégis azt kell mondanunk, hogy a kereslet még ott is mindig meghaladja a felhasználhatóságot, vagyis a valós kínálatot.

A vízhasználatához kapcsolódó gazdasági, illetve az ezzel együtt járó környezeti és társadalmi problémák alapja azonban jórészt nem az Európán belüli fogyasztás-kielégítés anomáliáinak következménye, hanem a globális kapitalizmus okozta globális étel-miszer-kereskedelem értelmetlen szüleménye. Az egymástól több ezer kilométer távolságban elhelyezkedő fogyasztási és termelési szektorok egymásra hatása alapvetően semmilyen erőforrás-optimalizációt nem feltételez a rendszerhasználat során. A fogyasztókat nem érdekli, hogy a termelés milyen körülmények között zajlik, mert a környezeti elemekben, konkrétan a vízgazdálkodási rendszerben bekövetkező negatív következmények hatásait nem ismerhetik meg, azokkal alig vagy egyáltalán nem szembesülnek. Ha ökológiai szempontból is fenntartható

globális termelési rendszerek szolgálják ki a fogyasztói igényeket az elkövetkező években, akkor megfelelő, a fenntarthatóságot megalapozó rendszertulajdonságokkal kell felvértezni például az élelmiszerellátási csatornákat, amelyekhez kapcsolódó költségek miatt ezek a rendszerek azonnal összeomolhatnak. A jelenleg legnagyobb termékmennyiséget mozgató globális kereskedelmi rendszerek olyan mértékben terheltek externális (piacon kívüli) hatásokkal, amilyenekkel eddig a gazdaság még nem találkozott a történelem során. Holland kutatások azt mutatják, hogy a globális kereskedelem hatása a regionális vízkészletekre legalább akkora, mint amekkora a regionális vízkészletek hatása a klímaváltozásra. A világ vízfelhasználásának 15–20%-a nem a „hazai igények” kiszolgálására szolgál, hanem virtuális vízként más országokban vagy kontinensen kerül be a fogyasztási rendszerbe. Éppen ezért nagyon fontossá vált annak a kérdésnek a megválaszolása, hogyan lehet a globális kereskedelemben, főként a vízintenzív technológiák esetében, a felhasznált extra vízmennyiséget érvényesíteni az árban.

A jelenlegi kutatási eredmények egyértelmű iránymutatást adnak arra vonatkozóan, hogy a fenntartható víz- és energiafelhasználás ellátási rendszerei a jövőben nem léphetik túl a regionális határokat, mert ellenkező esetben olyan mértékű negatív ökológiai hatásokat okozhatnak a globális ellátás termelési oldalán (főként a fejlődő országokban), amelyek helyreállítása még magas költségek mellett sem valósulhat meg a későbbiekben.

LOKÁLIS ELLÁTÓRENDSZEREK JELENTŐSÉGE

Az elmúlt években a gyakran hallott fogalmak közé tartozott az angolszász eredetű „food and non-food agriculture” elnevezés, amely alapvetően a multifunkcionális mezőgazdaság fogalmát vezette be a köztudatba Európa-szerte. A multifunkcionális mezőgazdaság fogalomkörében vált világossá, hogy a mezőgazdasági termelést megfelelően csak úgy definiálhatjuk, ha a termeléshez kapcsolható kereskedelmi és nem-kereskedelmi outputokat egyaránt a termelési rendszer szerves részének tekintjük (pl. élelmiszer – élelmiszerbiztonság). A kereskedhető és nem kereskedhető outputok sokasága jellemzi a mezőgazdasági termelés folyamatát (1. táblázat), amelyek egymásnak szerves részei, egymástól elválaszthatatlan rendszerelemek. A klasszikus felfogás szerint (pl. a biogazdálkodásban) ez nem is működhet másként az élelmiszertermelés során. A globális kereskedelem és ellátás rendszerei azonban újraértelmezték ezeket az alapfolyamatokat, ma már csak a kereskedelmi outputok értékére és mennyiségére koncentrálnak, ezért a termeléshez kapcsolódó nem kereskedelmi célú outputok alapvetően értéktelenedtek, a társadalom számára nem értelmezhető termelési tényezőkké degradálódtak.

A gyakorlati tapasztalatok alapján egyértelműen kijelenthetjük, hogy ennek a negatív társadalmi jelenségnek az oka az, hogy a termelés és a fogyasztás alapvetően más helyen koncentrálódik az ellátási rendszerben, így a kereskedelmi és nem-kereskedelmi funkciók elválnak egymástól, illetve alapvetően értelmüket veszítik ebben a rendszerstruktúrában.

1. táblázat. Kereskedhető és nem kereskedhető outputok az élelmiszertermelésben

Kereskedhető outputok	Nem kereskedhető outputok
Élelmiszer és takarmány	Élelmiszerbiztonság
Vidéki turizmus	Tájképi hatás és tradíció
Ipari alapanyagok	Biológiai diverzitás
Energiaforrások, energiahordozók	Talajvédelem, talajállapot

Gazdasági vizsgálatok szerint, abban az esetben, ha a kereskedhető és nem kereskedhető outputok fokozatosan elválnak egymástól, egyre több negatív externális hatás keletkezik a termelési rendszerekben, amelyeknek nemcsak a káros környezeti következményeivel (növényvédőszer- és műtrágya-szennyezés fokozódása) kell számolnunk, hanem a piaci struktúrák teljes felolvasásával is. A szabadpiacon ezek a termelési körülmények alulárassák az élelmiszereket és túlfogyasztáshoz vezetnek. A túlfogyasztás pedig nemcsak a gazdasági rendszer egyensúlyát borítja fel, hanem egyértelműen értékvesztést és társadalmi jóléti veszteséget okoz.

A társadalmi veszteséget egyértelműen azoknak a tényezőknek az elvesztése jelenti, amelyek kizárólag a helyi közösségeknek jelentenek értéket. E pozitív jelenségek létezése, megjelenése, amelyeket **pozitív extern** hatásoknak is nevezünk, együtt járnak a termeléssel.

A pozitív extern hatások és egyben nem kereskedhető outputok a következők lehetnek:

- Vidéki tájképi hatás;
- Biodiverzitás (az együtt élő fajok sokfélesége, ami az adaptációs képesség alapja);
- Biztonságos élelmiszerellátás és élelmiszerbiztonság;
- Vidéki életforma és tradíciók, hagyományok fenntartása;
- Környezeti stabilitás megőrzése, víz- és talajvédelem;
- Mezőgazdasági foglalkoztatás biztosítása;
- Vidéki, falusi területek megtartása, fenntartása (antiurbanizáció).

Nagyon lényeges rendszertulajdonság, hogy a pozitív externáliák vagy nem kereskedhető outputok csak a helyi közösségek számára jelentenek értéket, kizárólag számukra fejezhető ki ez a nem kereskedhető output forma jóléti tényezőként. Amennyiben az európai országok jelentős részében a mezőgazdasági termelés redukálódik, az élelmiszer-termelési folyamatok megszűnnek vagy minimalizálódnak, akkor ezeket a kötelező jóléti funkciókat társadalmi költségen kell előállítani, és ezeknek a következményeknek a hatásait a jövőben más szektorok bevételeinek a terhére kell finanszírozni.

Az említett negatív hatások ellen természetesen már évek óta hatalmas küzdelem folyik az európai vidékpolitikában, de ezek az állami beavatkozások – főként a piaci folyamatokat figyelmen kívül hagyó támogatások – nem sok sikerrel jártak, inkább piactorzító hatásukat lehetne elsősorban kiemelni. Sajnos nem ismeretlenek ma már a közgazdászok körében azok a gazdasági vizsgálatok, amelyek a különböző támogatási rendszerek negatív társadalmi és gazdasági hatásainak fel-

mérésére irányulnak. Tehát a támogatási, szabályozási rendszerek okozta „káros hatások” felmérése – amelyek szintén negatív externáliaként azonosíthatók – ma már gyakorlati tennivaló a gazdaságkutatók számára.

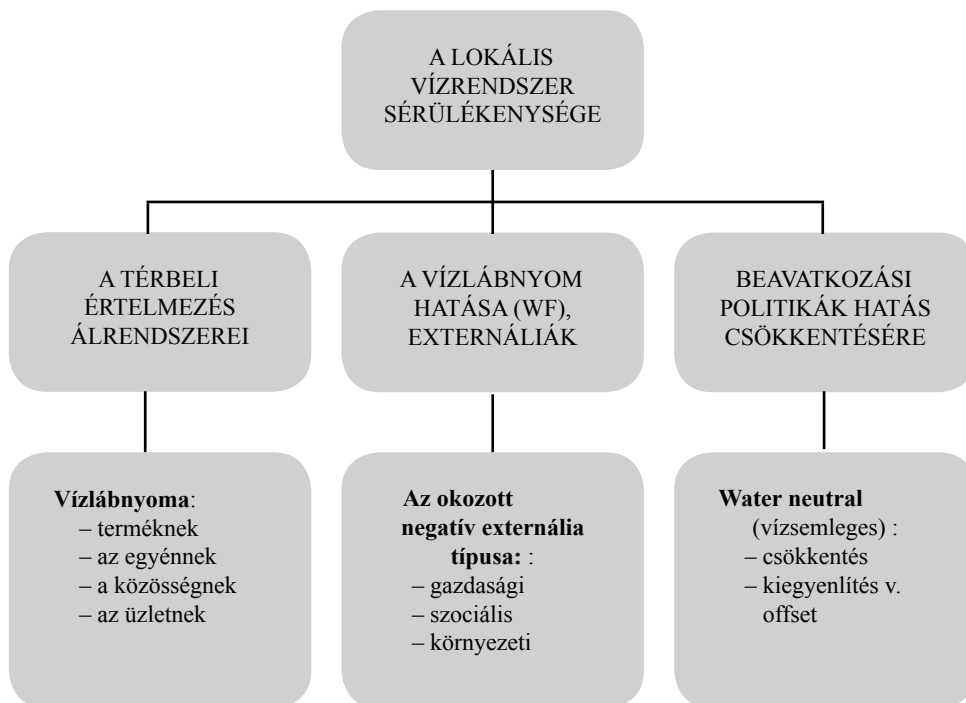
Annak érdekében, hogy ezek a negatív jelenségek kissé mérsékelt formában, vagy ne annyira direkt módon legyenek érzékelhetők a társadalom számára, rendszerint állami beavatkozásokat hajtanak végre, amelyek – mint azt már korábban említettük – további piactorzító hatással járnak, és piaci hibákat okoznak. Ennek ellenére a piacot negatív irányban befolyásoló tényezők száma az elmúlt időszakban jelentősen megnőtt, illetve olyan karakterisztikákkal bővült, amelyek egyértelműen az állami beavatkozások tulajdonjogra vagy a köz- és magántulajdon viszonyára gyakorolt hatásainak negatív következményeiként értelmezhetők. A különböző állami beavatkozások és globális piaci jelenségek okán megjelenő piaci hibákat a következőképpen csoportosíthatjuk:

- A közjavak és a köztulajdon használatának rossz karakterisztikája (levegő- és vízhasználat piacmentessége, állami intézményrendszer növekedése a folyamatos szabályozási kényszer miatt stb.),
- A piaci szerkezet ellentmondásai (a globális piac egyre dominánsabb jelenléte és a lokális piac szűkülése),
- A tulajdonosi jogok érvényesítésének gyengesége vagy hiánya (hierarchikus vagy dominánsan korrupt rendszertulajdonságok megnövekedése),
- Nagy mennyiségű externália felhalmozódása a gazdaságban; nemcsak a negatív környezeti externáliák, hanem káros társadalmi, gazdasági externáliák (oktatás/képzés, foglalkoztatás, egészségügy) rendszereinek kialakulása, az egyes gazdasági szektorok rossz irányú fejlődése is megfigyelhető.

Az újabb terminológiák szerint, a társadalmi jólétvesztés kiemelt szereplői voltak az elmúlt években az ún. intézményi externáliák, amelyek a nemzeti és az uniós szabályozási rendszerek alkalmazása miatt szaporodtak fel a gazdaság különböző szektoraiban. Az externális hatások mennyiségének növekedése egyértelműen a piaci önszabályozó folyamatok hiányát jelezi, amelyek nélkül nem lehet a rendelkezésünkre álló erőforrások optimális felhasználási egyensúlyát megtalálni. Kiemelt szerepet kell kapnia az elkövetkezendő években azoknak a rendszerelemeknek (pl. tőzsde), amelyek megpróbálják mind a természeti erőforrásrendszereket, mind a társadalmi erőforrásokat a piaci rendszerek irányába terelni. Világos képet kell kapnunk mind a tiszta levegő, mind a vízbázisok használatának kínálati oldaláról, valós és tervezett keresleti tényezőiről, illetve ezen piaci folyamatok működési feltételeit megteremtő árakról.

Az, gondolhatjuk, mindenki számára világos, hogy tiszta levegő vagy víz nélkül nem lehetséges élni, ez még sincs így. Az elmúlt évek tapasztalatai azt mutatják, hogy nem lehet sem tudatformálással, sem állami beavatkozással létrehozni azokat az ideális környezeti feltételeket, amelyek szükségesek a következő generációk életfeltételeinek biztosításához. Az energiafelhasználás és a káros üvegházgázok kibocsátásának csökkentésére létrehozott emisszió-kereskedelmi rendszer sikere világosan mutatja számunkra, hogy a környezeti tulajdonságok piaci tényezőként való kifejezése vagy beárázása relevánsan csökkentheti a káros környezeti kibocsátásokat.

Mint azt a korábbiakban már kifejtettük, a globális termelési rendszerek első-sorban a vízgazdálkodásra, a lokális területek vízháztartásának fenntartására fej-tik ki leginkább kedvezőtlen hatásukat (főként a vízigényes termékek exportjával), így a legsürgetőbb piaci beavatkozások a vízhasználati rendszerek kereslet és kíná-lat alapú befolyásolása irányába kell, hogy hassanak (1. ábra). A lokális vízhaszná-lati rendszerekkel kapcsolatosan már ma is rendkívül sok olyan gazdasági, szoci-ális és környezeti problémával találjuk magunkat szembe, melyek megoldása már-már lehetetlennek tűnik. Annak érdekében, hogy természeti erőforrásaink közül a vizet mint az egyik legfontosabb erőforrásunkat, életünk alapját ne hasz-náljuk túl a jövőben, nemzeti és regionális szinten is tudnunk kell, mennyi áll belő-le rendelkezésünkre, a termelési folyamatok hogyan és milyen mennyiségben, ütemezésben használják fel, illetve forgatják vissza az erőforrásrendszerbe a ren-delkezésünkre álló vízkészletet. Tudnunk kell, hogy mennyi vizet használhatunk fel a termelési folyamatok kiszolgálásához, a rendelkezésünkre álló, azaz a kínála-ti vízmennyiséget túl- vagy alulhasználjuk-e, tehát nem nagyobb-e a vízlábnyo-munk, mint amekkora lehetne. Az életet adó lokális vízrendszereink elképesztően sérülékenyek, amelyeket a globális rendszerek használatával teszünk folyamoto-san tönkre úgy, hogy egyelőre azt sem tudjuk, hogy ennek a kárnak mekkora lehet a pénzben kifejezett nagysága a későbbiekben.



1. ábra. A lokális vízrendszer sérülékenysége
Forrás: Hoekstra, 2006 alapján

EXTERNÁLIÁK ÉRTELMEZÉSE A VÍZHASZNÁLATI RENDSZERBEN

A globális termelés és a fogyasztás növekedésének, és így a termelés szerkezetének változása olyan gazdasági hatásokkal jár, amelyek a hagyományos piaci mechanizmusokkal nem kezelhetők. Ezeknek a külső gazdasági hatásoknak (externáliáknak) a jelenléte a gazdaságban a legtöbb esetben piaci kudarcokhoz vezet. Az externália jól ismert fogalom a közgazdászok körében, Samuelson–Nordhaus megfogalmazásában például az externália megjelenésekor „külső gazdasági, vagyis túlsordulási hatás következik be, amikor a termelés vagy a fogyasztás járulékos költségeket vagy előnyöket okoz másoknak, mégpedig úgy, hogy azokat okozóik nem fizetik meg. A külső gazdasági hatás a gazdaság egyik szereplőjének a magatartása által egy másik szereplő jólétében előidézett olyan hatás, amely nem jelenik meg a piaci tranzakciókban.” Mishan megfogalmazásában pedig az externália fogalma a következőképp hangzik: „Külső hatás [...] egy személy vagy vállalat törvényes tevékenységének véletlen mellékhatása egy másik személy vagy vállalat profitjára, illetve jóléti szintjére.” A közgazdaságtan környezeti problémákkal foglalkozó ágának, a környezet-gazdaságtannak az alapp problémája a külső gazdasági hatások kezelésének viszonyrendszeréből ered. Társadalmi szempontból az externáliák jelenléte a piaci folyamatokban akadályozza a szűkös erőforrások hatékony eloszlását. Az erőforrások szétoztása társadalmi szinten akkor lenne hatékony, ha minden esetben ismert lenne az adott tevékenység tényleges, teljes társadalmi haszna és költsége.

Környezeti szempontból szabályozatlan piacon (ami például aránytalanul magas vízhasználatot vagy talajhasználatot jelent) az externális hatások túlermelést, ebből kifolyólag túl sok szennyezést generálnak. A szennyezőanyagok, hulladékok újrahasznosítását nem támogatják, mivel a környezetbe történő kibocsátásuk és deponálásuk sokkal egyszerűbb és olcsóbb, így ezeknek a termékeknek a termelési költsége és fogyasztói ára is jóval alacsonyabb lesz, mintha fenntartható erőforrásrendszerből származnának.

A neoklasszikusok közül egy ismert angol közgazdász, Arthur Cecil Pigou fogalmazta meg 1920-ban megjelent „Economics of Welfare” című könyvében, hogy a termelőtevékenység következményei az eladón és a vevőn kívül másokat is érinthetnek, aminek hatására azok jóléte csökkenhet. A globális termelési rendszerekben ez a hatás a tömegtermelés miatt még látványosabban és halmozottabban jelenik meg, naponta találkozhatunk azokkal a kínai eredetű hírekkel, amelyek különböző környezeti katasztrófákról, emberek százainak, ezreinek haláláról vagy megbetegedéséről tudósítanak a mérgező környezet, ivóvíz, vagy az ehetetlen bébitápszerek fogyasztása miatt. Olyan folyók róják útjukat Ázsia országaiban, amelyekben már semmilyen élőlény nem képes életteret találni. Azonban ezeknek a vizeknek az elszennyeződését elsősorban nem a kínai vagy indiai polgárok mohó túlfogyasztása okozta, hanem az olcsón fogyasztani vágyó európai vagy amerikai honfitársainké. A probléma tehát beazonosítható, a globális rendszer torzszüleményei azok a fejlődő országokban létrejött jelenségek, amelyek egy piacgazdaságban talán soha nem jöttek volna létre (Kerekes, Fogarassy, 2006).

Arthur Cecil Pigou már a 1900-as évek elején rámutatott, hogy egy termék előállítás az egyéni termelőnek – a be nem számított kedvezőtlen külső környezeti

hatások miatt – kevesebbe kerül, mint amennyibe az a társadalomnak kerül. A társadalom alapvetően kénytelen elviselni azokat a következményeket, amelyek az adott termék termelésével vagy felhasználásával együtt járnak. Pigou szerint a megoldás az lehetne, hogy egy termék termelésének egyéni vagy termelői költségét és társadalmi költségét egy szintre hozzuk azáltal, hogy az egyéni termelővel megfizettetjük a tevékenysége által kiváltott kedvezőtlen következmények (környezetterhelés) elhárításának költségeit is. Pigou szerint el kell venni a termelőtől azt a költséget, amivel az általa okozott kárt fel lehet számolni vagy helyre lehet állítani. Ennek a folyamatnak az aktív szereplője egyértelműen az állam lehet, aki az így beszedett forrásokkal kompenzálja a károsultakat, vagy megvédi őket a káros környezeti hatások ellen. Ezt a módszert hívjuk a negatív externáliák internalizálásának a közgazdaságtanban. Pigou elméletének értelmében, ha a piac szereplői a tényleges társadalmi ráfordításokat érzékelik, akkor racionálisan viselkedve, a kereslet és kínálat összhangja magasabb áron egy kisebb volumennél alakul ki, vagyis az externáliák internalizálása a környezetszennyező tevékenységet közgazdaságilag racionális keretek közé szorítja. Pigou elméletében a környezetszennyezés maga alapvetően egy technikai probléma, a megfelelő adó vagy terhelési díj megfelelő beállításával a piac „a láthatatlan kéz”, vagyis az állam közreműködésével megoldja a problémát.

A pigoui elvek által körvonalazott megoldás működhet tehát a környezetvédelmi problémák vagy negatív környezeti externáliák kezelésére, de csak akkor, ha lehatárolható piaci körülményekről van szó. Tehát ismernünk kell a termelés határköltségét, az adott termelési folyamathoz tartozó teljes társadalmi költséget, mert ezek nélkül sajnos a hatékony beavatkozás nem lehetséges.

A korábbiakban ismertetett globális piaci struktúrákban a határköltségek ismerése, az okozott környezeti problémák nagyságának költsége szinte teljességgel lehetetlen. A termelési folyamatok és a fogyasztás elkülönítése olyan speciális gazdasági kapcsolatrendszerrel idéz elő, amelyben a különböző erőforrások, köztük a vízhez kapcsolódó használati rendszerek teljességgel beazonosíthatatlanok. Az állami beavatkozás lehetősége, az ehhez kapcsolódó társadalmi igény megjelenése nem feltételezhető.

A globális termeléssel és ellátással kapcsolatos súlyos környezeti problémák már ismertek a világpiacon szereplői előtt, de hatékony beavatkozás az olcsó fogyasztási rendszer felszámolására csak nehezen indítható el a közeljövőben. Azonban már most is kijelenthetjük, hogy ennek megoldására a pigoui adóelmélet a piac struktúrájának értelmezhetetlensége és magas externália-tartalma miatt nem nyújthat megfelelő rendszermegoldásokat.

Pigou adóelméletével ellentétben Ronald Coase 1960-ban megjelent elemzésében („The problem of social cost”) azt állította, hogy a piac az állam beavatkozása nélkül el tudja érni a társadalmi optimumot, azaz képes az externáliák (környezetterhelés) optimalizálására, ha a tulajdonjogok megfelelően definiáltak. Ronald Coase feltételezése szerint, ha a tárgyalási vagy tranzakciós költségek elhanyagolhatók, az érintettek száma alacsony, és az érintettek szabadon tárgyalhatnak egymással, akkor hatékony megoldás jöhet létre az externáliák internalizálásához, azaz a környezetterhelés költségeinek a piaci árakba történő beépítéséhez.

A Coase szerint a szabályozatlan piaci körülmények között, vagy a veszélyeztetett felek kiegyenlítő ereje nélkül a szennyező fél olyan szinten termel, ahol a profitját maximalizálni tudja. A társadalmi optimum azonban ott van, ahol a szennyező tevékenységéből eredő határhaszon egyenlő a szennyezésből származó határveszteséggel. Ha azonban az áldozatnak törvényes joga van a nem szennyezett környezethez, akkor a szennyezőnek kárpótolnia kell őt. A feltételezés szerint ez fordított esetben is működik, amikor a szennyezőnek vannak törvényes jogai, és az áldozatnak kell fizetni azért, hogy a szennyező csökkentse tevékenységét, illetve annak negatív hatásait. Ezt hívjuk a környezet-gazdaságtanban „a szennyezett fizet elvnek”, mely lényegében ellentétes mind a hazai, mind az EU-s környezeti alapelvekkel. Coase nem kevesebbet állít tehát, mint azt, hogy a szennyeződés csökkentése érdekében nem mindig a szennyezőt kell adóval terhelni, hanem esetenként a károsultaknak kell fizetni, hogy a szennyező/termelő csökkentse káros emisszióját. Coase modellje azonban néhány olyan feltételezéssel él, ami a gyakorlatban nem helytálló, emiatt számos kritika is érte. Ezen kívül számos gyakorlati példa bizonyítja, hogy az alku a legkézenfekvőbb esetekben sem eredményezhet megoldást, mivel a felek nem hajlandók az alkura, inkább a társadalomra hárítják át a probléma megoldását (Szlávik, 2007).

A Coase-elméletet megvizsgálva újra arra a következtetésre juthatunk, hogy annak érdekében, hogy a termelés során keletkező externális hatásokat (környezet-terhelést) akár piaci eszközök segítségével is fel tudjuk számolni, ismernünk kell magukat a piaci szereplőket, a szennyezés és termelés határköltségeit, a tulajdonviszonyokat, és csak ennek függvényében választhatunk piaci megoldásokat (pl. piacteremtés) a kezelésre. Az állami szerepvállalás tehát a Coase-féle externália kezelésében nem kívánatos elemnek tekinthető, mivel az állami eszközrendszer elsősorban általánosítást és a problémák generális kezelését preferálja, nem pedig az adott gazdasági környezetben elérhető legjobb megoldás, piaci egyensúly felállítását (Kerekes, Fogarassy, 2006).

Nem véletlen tehát, hogy az állami szerepvállalást nélkülöző környezetszabályozó piaci eszközrendszerek elterjedése figyelhető meg az elmúlt évek nemzetközi gyakorlatában, mivel a globális termelési rendszerek okozta globális környezeti problémák közelítő értékelése, modellezése leginkább ennek a módszernek köszönhetően valósulhat meg viszonylagosan jó eredménnyel. A környezeti tulajdonságok, az ökológiai rendszer alrendszerének (kiemelt szerepet kaphat itt a vízkezelés) gazdasági értelmezése tehát elkerülhetetlen a jövőben (Stern, 2006).

VÍZGAZDASÁGTAN VS. KÖZGAZDASÁGTAN

A vizet a klasszikus közgazdaságtan a termelési erőforrások közé sorolja, de a szabad javak között is számon tartja. Ezért a közgazdászok már évtizedek óta próbálják kifejezni a víz valódi közgazdaságtani értékét is. A legtöbben úgy gondolják, hogy a tulajdonviszonyok kiterjesztése mérsékelné az irracionális vízhasználatot, vízszennyezését. A víznek közgazdasági értelemben vett homogén piaca nincs, épp azért több amerikai közgazdász úgy gondolja, hogy igazi termelési erőforrás-

ként történő számbavétele akkor lenne elképzelhető, ha a víznek a tőzsdei forgalmazása is elindulhatna. A vízhasználat komplex és rendkívül összetett, több olyan tulajdonsága van, ami miatt a rendelkezésre állás helyét és a felhasználási stratégiáját nem szabad elválasztani egymástól. Ahol a vízgazdálkodás kedvezőtlen rendszertulajdonságokkal rendelkezik, ott beszélhetünk már „virtuális vízről” vagy „vízlábnymról” is, mely mutatók arra szolgálnak, hogy tényszerű adatokon keresztül közöljék velünk: „el fog fogyni a vízkészlet!”, „szűkös lett az erőforrás!”, ezért meg kell változtatni az eddigi stratégiákat. Közismert és megdöbbentő adatok, hogy 1 csésényi kávé előállításához 140 liter, vagy 1 kg marhahúshoz 16 m³ vízre van szükség, a nemzetközi szakirodalom 1 kg sertéshús vízlábnymát átlagosan 5,9 m³ vízfogyasztással kalkulálja, a szója pedig 2,3 m³ vizet „fogyaszt” kilogrammonként (Hoekstra, 2006)! Az amerikai szakértők által vizsgált élelmiszeripari rendszerek rendkívül nagy vízpazarlásról tanúskodnak, amely problémát tovább fokozza az a tény, hogy pont ezekből az élelmiszerekből a legnagyobb exportőrök a világon. Itt tehát tulajdonképpen a vízvagyon, vagy a víz mint erőforrás esztelen exportjáról van szó alapvetően.

Annak érdekében, hogy hazánkban is világos képet kapjunk a hazai élelmiszer-termeléshez, mezőgazdasági termeléshez kapcsolódó vízfelhasználásról – az ehhez kapcsolódó internális és externális költségekről –, a termeléshez kapcsolódó vízfelhasználás rendszereit célszerű a megszokottnál részletesebben, módszertanilag kibővített formában áttekintenünk.

A VÍZ TULAJDONSÁGAI ÉS A FENNTARTHATÓSÁG

A víz speciális erőforrás, mert a tisztán tartás mellett gazdálkodni is kell vele. Mivel viszonylag sok van belőle, gazdasági értéke ellentmondásban van életünkben betöltött szerepével. A szakemberek többsége szerint a tulajdonjogok rendezése egyaránt csökkentené a víz pazarló felhasználását és a víztestek szennyezését. Amíg ugyanis a víz közjóként jelenik meg a gazdaságban, addig egyrészt senkinek nem érdeke minőségének és mennyiségének megőrzése, másrészt egy-egy szereplő viselkedésének, szokásainak megváltoztatása sem lenne számottevő hatással annak egészére nézve.

A vízzel kapcsolatos fenntartható gazdálkodás szükségszerűsége ma már nem kérdés. A jelenlegi társadalmi, gazdasági és politikai rendszerek stratégiai központjai a világban egyre differenciáltabb elosztású és növekvő hiányú víztestek.

A VÍZ FOGYASZTÁSA ÉS SZENNYEZÉSE

A víz közjóként is különleges tulajdonságokkal bír. Az ivóvízre a tulajdonjogokat nem lehet szabatosan definiálni, mert fogyasztásuk oszthatatlan, azaz egy személy fogyasztása nem befolyásolja a többiek fogyasztását, hozzáférését (Kerekes, Fogarassy, 2006). Ugyanez a vízszenyezés esetében is igaz, egy szennyező nem

befolyásolja a többiek szennyezését. Itt azonban valamit beleraknak a közösbe. A racionálisan gondolkodó ember arra a belátásra jut, hogy a szennyezőanyag vízbe juttatása miatt őt kisebb kár éri, mint a tisztítási költség. Tehát megoldás lehet a szennyezőanyag megtisztításának vagy a szennyezés megelőzésének olcsóbbá tétele annál az árnál, amennyiért kezelés nélkül megszabadulnak tőle (Hardin, 2003).

VIRTUÁLIS VÍZ ÉS VÍZLÁBNYOM

A virtuális víz egy termék előállítása során használt közvetett vízmennyiség, a rejtett vízfelhasználás. Ez, kiegészülve a közvetlen vízmennyiséggel, adja a vízlábnym-mutatót (2. ábra).

Egy fogyasztó vagy termelő vízlábnyma		
Közvetlen vízhasználat	Közvetett vízhasználat	
Zöldvíz-lábnym	Zöldvíz-lábnym	Vízfelhasználás
Kékvíz-lábnym	Kékvíz-lábnym	
Szürkevíz-lábnym	Szürkevíz-lábnym	Vízzennyezés

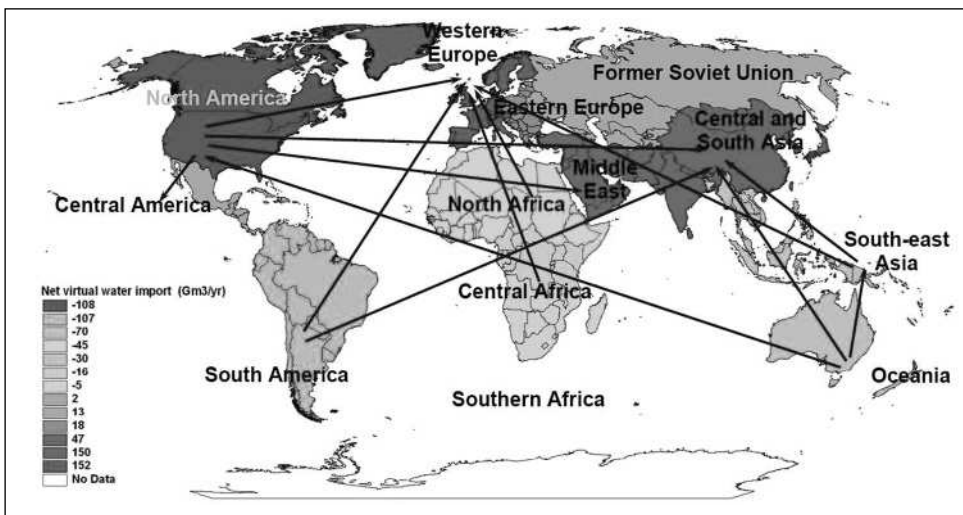
2. ábra. A vízlábnym összetevőinek sematikus ábrázolása

Forrás: Hoekstra et al., 2009 alapján

Számítása mindenféle termék esetén hasonló, származzon a mezőgazdasági, ipari vagy szolgáltató szektorból. Egy termék vízlábnyma kék, zöld és szürke részekre oszlik. A kékvíz-lábnym a felszíni és felszín alatti vízkészlet veszteségére utal, ami a víz körforgása révén az eredeti víztestbe vissza nem kerülő vízmennyiség. (Ez általában az elpárolgott, más víztestbe visszakerült vagy a termékbe beépült vízmennyiség.) A zöldvíz-lábnym a talajban raktározódott esővizet és a talajnedvességet mutatja. A szürkevíz-lábnym pedig az vízszennyezés feldolgozásához szükséges édesvíz-mennyiségre utal a meglévő környezeti vízminőségi szabványok alapján (Hoekstra et al., 2009).

Egy termék vízlábnyma hasonló ahhoz, amit virtuális víztartalomnak is neveznek, bár a vízlábnym nemcsak a mennyiséget takarja, hanem a felhasznált víz fajtáját is (kék, zöld, szürke), és hogy hol és mikor használták azt. Így a virtuális vízzel ellentétben a vízlábnym egy többdimenziós mutató. A virtuális víz kifejezést inkább nemzetközi vagy regionális vízáramlások keretében használjuk. Ha egy nemzet vagy régió terméket exportál/importál, akkor a vizet virtuális formában exportálja/importálja. Ebben az összefüggésben beszélhetünk virtuális víz-exportról vagy -importról, illetve általánosabban virtuális vízáramlásról vagy -kereskedelemlről (Hoekstra et al., 2009).

Racionálisan azt gondolhatnánk, hogy a virtuális vízáramlások globális iránya a vízben gazdag területek felől a vízszegény területek felé tart. A valóság azonban az ellenkezőjét mutatja (3. ábra).



3. ábra. A mezőgazdasági termékekkel kapcsolatos regionális virtuális vízmérleg és nettó interregionális virtuális vízáramlások a legnagyobb nettó forgalmakkal (1997–2001) (>10 Gm³/év)

Forrás: Campagain, Hoekstra, VirtualWaterFlows, 2003.

Ez a tény, amellet, hogy a témával foglalkozó szakembereket is meglepte, további gondolkodásra ösztönöz, hiszen hosszú távon nem fenntartható. A vízlábnyom hivatalos oldalán (www.waterfootprint.org) több tanulmány és cikk is olvasható a témában. Ezek érdekes globális összefüggésekre mutatnak rá. Például az Amerikai Egyesült Államok egy főre eső vízlábnyoma körülbelül háromszorosa a kínainak. Az eddigi számításokból az is kiderül, hogy a legnagyobb vízigénye a primer szektornak van, ezen belül is a növénytermesztésnek.

A vízlábnyom egy multiszektorális, többdimenziós vízfelhasználási becslés. Megmutatja a termék vagy szolgáltatás előállításához használt abszolút vízmenyiséget a teljes életpályán nézve. Olyan pillanatnyi becslés, amely figyelembe veszi a termelési lánc minden elemének vízfogyasztását és -szennyezését. Ezzel a módszerrel megállapítható a termék-láncban résztvevő szereplők vízigénye, melynek következtében vízfogyasztással kapcsolatos felelősségük mértéke is nyilvánvalóvá válhat. Ezekén felül a vízlábnyom közelebb visz a vízzel kapcsolatos kvótakereskedelemhez, a tőzsdén való kereskedelemhez is.

MÓDSZERTAN

A vízlábnyomszámítás során az alapanyagok, nyersanyagok feldolgozási vízszükséglettel kiegészített vízlábnyomait összesítjük. Ki lehet számítani többek között termékre, fogyasztóra, vállalkozásra, nemzetre és ezek csoportjaira valamint földrajzi területre nézve (4. ábra).

Termelők egy csoportjának vízlábnyoma (pl. szektor)	Fogyasztók egy csoportjának vízlábnyoma (pl. nemzet, megye vagy közösség)	Egy földrajzilag lehatárolt terület vízlábnyoma (pl. nemzet vagy vízgyűjtő)
---	---	---

Termelői vízlábnyom (üzlet, vállalkozás)	Fogyasztói vízlábnyom
<i>az összes megtermelt termék termelői vízlábnyomainak összessége</i>	<i>az összes elfogyasztott termék fogyasztói vízlábnyomainak összessége</i>

*a területen előforduló összes
folyamat technológiai
vízlábnyomainak összessége*

Termékvízlábnyomok

*az összes termék termelési rendszerének összes folyamata
technológiai vízlábnyomainak összessége*

Technológiai vízlábnyomok

4. ábra. Technológiai vízlábnyom mint az összes többi alapvető építőköve
Forrás: Hoekstra et al., 2009 alapján saját szerkesztés

Egy nemzet teljes vízlábnyomát (WFP) a belső- (IWFP) és a külsővízlábnyomok (EWFP) összege adja (1. egyenlet).

$$WFP = IWFP + EWFP \quad (1.)$$

A belsővízlábnyomot (IWFP) a mezőgazdasági vízhasználat (AWU), az ipari vízkivétel (IWW) és a háztartási vízkivétel (DWW) összege adja, melyből ki kell vonni a hazai termékek virtuális vízexportját (VWE_{dom}) (2. egyenlet).

$$IWFP = AWU + IWW + DWW - VWE_{dom} \quad (2.)$$

A külsővízlábnyomot (EWFP) a virtuális vízimport (VWI) mutatja, de ennek mértékét csökkenteni kell az importált virtuális vízből újra exportálásra kerülő mennyiséggel (VWE_{re-export}) (3. egyenlet).

$$EWFP = VWI - VWE_{re-export} \quad (3.)$$

A nemzeti vízlábnyom értékéből további adatokat lehet kiszámítani azzal kapcsolatban, hogy az országot mennyire érinti a vízhiány, vagy mennyire függ, illetve nem függ a virtuális vízimporttól (Chapagain, Hoekstra, 2004).

Egy konkrét termék vízlábnyom-számításának kétféle módja van a Water Footprint Manual szerint. Az egyik a láncösszegzéses, a másik a lépésenkénti módszer. Elvileg mind a kettő azonos eredményre vezet.

LÁNCÖSSZEGZÉS MÓDSZERE

Ez az egyszerűbb módszer, de csak akkor alkalmazható, ha a termelési rendszer csupán egy terméket hoz létre. Ebben az esetben a vízlábnyomok, amelyek a különböző termelésbeli feldolgozási lépésekkel hozhatók összefüggésbe teljes mértékben, mind a rendszerből származó terméknek tudhatók be. Néhány termelési lépés szorosan kapcsolódik egymáshoz, néhány pedig párhuzamosan. A késztermék vízlábnyoma a termelési rendszer alkotta feldolgozási vízlábnyomok összességével kapható meg. A gyakorlatban ritkán van példa rá, hogy a termelési rendszer csupán egy terméket hoz létre.

LÉPÉSENKÉNTI MÓDSZER

Ez a megközelítés az általános mód egy olyan termék vízlábnyoma kiszámítására, amelyik alapjául az utolsó feldolgozási szakaszához szükséges alapanyagok vízlábnyomai, valamint ugyanennek a feldolgozási lépésnek a vízlábnyoma szolgál. Tételezzük fel, hogy számos alapanyagból egy késztermék készül. Ebben az esetben a végtermék vízlábnyomát az alapanyagok vízlábnyomának egyszerű összesítésével kaphatjuk meg, hozzá adva a feldolgozás vízlábnyomát. Egy másik eset, amikor egy alapanyagból több késztermék készül. Ekkor ki kell terjeszteni az alapanyag vízlábnyomát a különböző végtermékekre. Ez történhet érték- vagy súlyarányosan, bár ez utóbbi kevés jelentéssel bír. Végül a legáltalánosabb eset, hogy több alapanyagból több késztermék származik. Ebben az esetben az összes alapanyag vízlábnyomát összegezzük, és ehhez az eredményhez adjuk hozzá az utolsó feldolgozási vízlábnyomot, amiből már a késztermékek keletkeznek. Ha a feldolgozás vízfelhasználást von maga után, akkor azt a végtermékekre való arányos elosztás előtt kell a teljes vízlábnyomhoz hozzáadni (Hoekstra et al., 2009).

ALKALMAZÁS

$$WF_{prod}[p] = \left\{ WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right\} \times f_v[p] \quad (4.)$$

A 4. egyenlet szerint p késztermék vízlábnyomát ($WF_{prod}[p]$) (térfogat/tömeg) úgy kapjuk meg eredményül, hogy az egységnyi p késztermék vízhasználatán kifejezett feldolgozási vízlábnyomhoz ($WF_{proc}[p]$) (térfogat/tömeg) hozzáadjuk y alapanyag vízlábnyomainak ($WF_{prod}[i]$) (térfogat/tömeg) termékhányad-paraméterükkel ($f_p[p,i]$) (tömeg/tömeg) elosztott hányadosának összességét. Az így kapott eredményt aztán megszorozzuk a késztermékhez tartozó értékhányad-paraméterrel ($f_v[p]$) (pénzegység/pénzegység). A késztermékhez tartozó termékhányad-paraméter ($f_p[p,i]$) p késztermék mennyiségének ($w[p]$) és i alapanyag mennyiségének ($w[i]$) a hányadosa (5. egyenlet). Tulajdonképpen azt mutatja, hogy az alapanyag mekkora részéből készül a termék. Például hazánkban a megtermelt búza 76%-ából

készül liszt, a többi korpa, búzacsíra és egyéb (FAO, 2003), így ennek termékhányad-paramétere 0,76 lesz.

$$f_p[p, i] = \frac{w[p]}{w[i]} \quad (5.)$$

Az értékhányad-paraméter (fv[p]) pedig a késztermék árának (price[p]) (pénzegység/tömeg) és mennyiségének (w[p]) szorzata osztva az alapanyagokból előállított z késztermék összességével (6. *egyenlet*). Például a sertéshús értékhányad-paramétere a sertés vágott testhez viszonyítva 0,96. Vagyis a sertés vágott test értékének 96%-át a sertéshús értéke teszi ki, a maradék 4% egyéb.

$$f_v[p] = \frac{price[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^z (price[p] \times w[p])} \quad (6.)$$

A mezőgazdasági termékek, azaz az alapanyagok vízlábnyoma gyakorlatilag a vizsgált növények termesztése során elhasznált kék-, zöld- és szürkevíz mennyiségének összege. Ezek számítása esetén a mutató komplexitása miatt számos tényezőt kell figyelembe venni. Egy növény „kék- és zöldvíz-igényének” kiszámításához (CWR – crop water requirement) a FAO Föld- és Vízfelhasználási Osztálya által fejlesztett, ingyenes döntést támogató számítógépes program, a CropWat használható elsősorban a kutatásokhoz. Ez a növények víz- és öntözésigényének kiszámításához használt eszköz, amely talaj-, éghajlat- és termésadatokkal dolgozik. Használatával meghatározható a különböző növények öntözési ütemterve, és értékelhető a gazdák öntözési gyakorlata. Ezzel a szoftverrel egyszerűsödik a vízlábnyomszámítás egy része. A szoftver használatához szükséges adatok nagy része nemzeti és nemzetközi statisztikai adatbázisokból hozzáférhető, valamint egyes, a CropWatot támogató számítógépes programokból importálható. Az egyik ilyen például a ClimWat, ami a világ minden tájáról, több mint 5000 szinoptikus mérőállomásról gyűjti az éghajlati adatokat (FAO, 2010/a, b). A CropWat által kért összes adat megadása után az kiszámolja egyebek mellett a referenciapárolgás értékét¹ (ET_o), a napsugárzás mértékét² (R_s), a növény vízigényét³ (CWR). A vízlábnyomszámításhoz ezek a tényezők szükségesek.

A növény vízigénye (CWR) mértékegységének átváltásával megkapható a teljes vízhasználatát (CWU) m³/ha-ban mérve. Ezután számítható ki a technológiai víz-

¹ Referenciapárolgás (ET_o – mm/nap): éghajlati adatokból számolt éghajlati paraméter. Kimutatja az atmoszférából származó párolgási erőt adott helyen és időben (CropWat, 2010/a). A jól öntözött fű lehetséges párolgását mutatja meg. Ehhez az éghajlati paraméterhez kapcsolódnak közvetlenül a vizsgált területen termesztett növények (FAO, 2010/c).

² Napsugárzás (R_s – MJ/m²/nap): az elérhető éghajlati adatokból a CropWat megbecsüli a napsugárzást, ami eléri a talaj felszínét. Ennek egy része visszatükröződik, egy része felszívódik (CropWat, 2010/b).

³ Növényi vízigény (CWR): a teljes vegetációs időszakra kiszámolja a növény öntözővíz-igényét a növény normál körülmények közti párolgása és a tényleges csapadékmennyiség különbsége révén (CropWat, 2010/c).

lábnyom, ami a növény vízhasználatának és hozamának hányadosát jelenti. Ez tulajdonképpen a növény kék- és zöldvíz-lábnyomának összegével egyenlő.

A teljes vízlábnyomhoz az előbbieken túl meg kell határozni a szürkevíz-lábnyomot is. A mezőgazdaságban a trágyázáson kívül felhasznált egyéb tápanyagok, növényvédő és gyomirtó szerek környezetre gyakorolt hatásai még nem teljes körűen vizsgáltak. A helyi, szabadon áramló víztestek vízminőségi előírásainak (nitráttartalmának) hiányában becsült normaérték használható például a US EPA (Egyesült Államok Környezetvédelmi Irodája) norma alapján. A US EPA kalkuláció szerint, a víztestbe visszaáramló nitrogén 10%-a az alkalmazott vagy kijuttatott trágya mennyiségének (Hoekstra et al., 2009). A szürkevíz-lábnyom kiszámításához ismerni kell többek között a növénytermesztési terület nagyságát, a teljes trágyázási arányt és a hozamot.

A növény vízlábnyoma ezután az eredményül kapott rész-vízlábnyomok összege. A továbbiakban a 4. *egyenlet* szerint ezt az eredményt megszorozva az érték-hányaddal, majd elosztva a termék-hányaddal megkapunk egy részeredményt, amihez még hozzá kell adni a feldolgozás vízigényét. Ezt a műveletet addig folytatjuk, amíg a különböző feldolgozási folyamatok végére nem érünk. Például a kenyér esetében 2 feldolgozási folyamat van. Az első esetén a búzából liszt lesz, a másodiknál pedig a lisztből készül kenyér.

A KENYÉR VÍZLÁBNYOMA

Arjen Hoekstra és kutatótársai már számos tanulmányt publikáltak konkrét és részletes számítási példákkal. Ezek nagy része angol nyelven elérhető a www.waterfootprint.org oldalon. Hazai viszonylatban a Szent István Egyetem Klímagazdaságtani Elemző- és Kutatóközpontban készült tudományos kutatómunka a hazai kenyér és a sertéshús vízlábnyom-számításáról. Ennek eredményeként sikerült kalkulálni a búzatermelés zöld- és kék- (együttesen éppen 1000 l/kg), valamint szürkevíz-lábnyomát (268 l/kg). A búza zöld (WF_{green}), kék (WF_{blue}) és szürke (WF_{grey}) vízlábnyomainak összegéből becsülhető a liszt teljes vízlábnyoma (WF_l), ami Magyarországra nézve ($1268 \times 0,88 / 0,76 =$) 1468 m³/t. Ezt az 1. táblázat, „A búza és a liszt becsült vízlábnyoma Magyarországon” részletezi.

Mivel a kenyér alapanyagainak a számítások szerint 80%-a liszt, vízlábnyomuk közelítőleg megegyezik, körülbelül 1014 l/kg. A számítás során ezek mellett megmutatkoztak a búzatermesztés és kenyérgyártás vízlábnyom-számítással kapcsolatos hazai regionális különbségei is.

1. táblázat. A búza és a liszt becsült vízlábnyoma Magyarországon régióként és összesen átlagosan

Vízlábnyom (WF) (m ³ /t)								
	Búza				Liszt			
	WF _{green}	WF _{blue}	WF _{grey}	WF _t	WF _{green}	WF _{blue}	WF _{grey}	WF _t
Dél-Alföld	589	535	270	1 394	682	619	312	1 614
Észak-Alföld	675	432	309	1 417	782	500	358	1 640
Dél-Dunántúl	569	329	216	1 114	658	381	251	1 290
Nyugat-Dunántúl	526	293	240	1 059	609	339	278	1 226
Közép-Dunántúl	527	422	257	1 206	611	488	297	1 396
Észak-Magyarország	574	279	290	1 143	664	324	336	1 324
Közép-Magyarország	777	505	330	1 612	900	585	382	1 866
Magyarország átlagosan	593	407	268	1 268	687	471	310	1 468

Forrás: Neubauer, 2010 alapján

A kenyér előállítása természetesen sok olyan sajátossággal bír, amelyek miatt a regionális optimalizálás értelmetlennek tűnik, azonban a búza- és kenyérvízlábnyom adatok jól mutatják, hogy hol, mit érdemes termelni és fogyasztani, ha alapvetően víztakarékosak akarunk maradni. Fontos lehet még az elvégzett számítások tükrében, hogy **főként azokon a termőhelyeken preferálhatjuk elsősorban a búza exportra történő termesztését, ahol a vízlábnyom a legalacsonyabb értékekkel jellemezhető.**

A SERTÉSHÚS VÍZLÁBNYOMA

A SZIE Klímagazdaságtani Elemző- és Kutatóközpontban végzett orientációs számítások alapján kerül sor a sertéshús virtuális víztartalmának becslésére. A vizsgálatokat a FAO adatbázisa, valamint az Agrárgazdasági Kutatóintézet (AKI) által mért adatsorok alapján összesítettük.

A sertések átlagos vágósúlya 117 kg, az átlagos tőkehússúly 97 kg (ez több mint 80%-a a teljes vágósúlynak). Élelmezési célra egy sertésnek átlagosan 3,6 kilogrammnyi belsősége alkalmas, mely a vágósúlyának körülbelül 3%-a. Vágási zsírja átlagosan 5 kg, ez vágósúlyának nagyjából 4,3%-a. Bőrre nem találtunk adatokat. A fentiek tükrében a sertés termékfájának ide vonatkozó része az 5. ábra szerint alakul.

A sertéshús vízlábnyomának számítása során az alábbi feltételezések alapján kalkuláltunk:

- A sertéstartás körülményei optimálisak (megfelelő a vitalitás, nincs szükség gyógyszeres kezelésekre, folyamatos a tápanyagellátás).
- Azonos a genotípus és a tartástechnológia (például komfortérzet – zsúfoltság, levegőtlenység, vízhiány).

- A takarmányfelvétel és az etetésteknológia optimális (például rendszeres etetési idő, meghatározott fejadagok stb.).
- A táplálék minősége megegyezik az emberi táplálékával.
- A sertéshús a számításokat tekintve másodlagos termék, mivel feldolgozást igényel – csakúgy, mint például a vaj vagy a kolbász.

Sertés	Vágósertés 82% (átlag: 65–85%) (v: 76%)	Sertéshús (v: 73%)
	Ehető belsőségek 3% (átlag: 4–10%) (v: 4%)	Étkezési sertésszár (átlag: 10–25%)
	Zsír 4,3% (átlag: 4–15%) (v: 6%)	
	Bőr (v: 5%)	

5. ábra. Termékfa részlet meglévő hazai adatokkal – sertéshús

Megjegyzés: v = világszerte

Forrás: FAO, 2003 alapján, saját szerkesztés

A számításokhoz használt képlet Chapagain és Hoekstra (2004) nyomán.

$$VWC_a = VWC_{drink} + VWC_{serv} + VWC_{food} =$$

$$= \frac{\text{water from drinking} + \text{water from service} + \text{water from feed}}{W_a}$$

Ahol:

- VWC_a = az élő jószág virtuális víztartalma (m^3 /tonna)
- VWC_{drink} = virtuális víztartalom az ivás alapján (m^3 /tonna)
- VWC_{serv} = virtuális víztartalom a technológia alapján (m^3 /tonna)
- VWC_{food} = virtuális víztartalom az evés alapján (m^3 /tonna)
- water from drinking = ivás során elfogyasztott vízmennyiség (m^3)
- water from service = tartás során felhasznált vízmennyiség (m^3)
- water from feed = evés során elfogyasztott vízmennyiség (m^3)
- W_a = a jószág élősúlya (tonna), esetünkben 120 kilogrammos jószágról van szó $W_a = 0,12$ t

Ezek alapján az alábbiak szerint állapítható meg a sertés virtuális víztartalma:

$$(1\,448,75 / 0,12) + (6\,862,5 / 0,12) + (152\,250 / 0,12) = \underline{1\,338\,010 \text{ (l/t)}}$$

Ez tehát azt jelenti, hogy 1 kg sertés „előállításához” körülbelül 1,338 m³ víz szükséges. Ez a számítás tulajdonképpen a tevékenység közvetett vízigényét szemlélteti. Chapagain és Hoekstra (2004) számításai szerint a világon átlagosan ez az érték 3,5 m³/kg. A fenti megállapításból kikövetkeztethető továbbá, hogy a közvetlen ivással elfogyasztott víz mennyisége csekély, nem egészen 1%-a ennek az értéknek, és a technológiai fogyasztás is alig haladja meg a 4%-ot. Tehát megállapítható, hogy az élő sertés virtuális víztartalma körülbelül 1338 m³/t. A feldolgozás után pedig a végeredmény 1818 l/kg. A számítás során kirajzolódott, hogy ennek az eredménynek jelentős részéért, körülbelül 95%-áért a takarmány előállítása, a takarmánynövények termesztése a felelős. A vízlábnym esetleges csökkentésére vonatkozó stratégiákat ennek értelmében a főként a növénytermesztéshez kapcsolódó termesztéstechnológiák vagy a takarmányellátás korrigálására kell fordítani.

A VÍZLÁBNYOM CSÖKKENTÉSE

Chapagain és Hoekstra (2007) szerint a vízlábnym 3 fő módon csökkenthető.

- 1) Az első a gazdasági növekedés és a megnövekedett vízhasználat közötti látszólagos összefüggés megtörése kevesebb vizet igénylő termelési technológiák bevezetésével – például esővízgyűjtés és kiegészítő-öntözéses technológia.
- 2) A második mód a fogyasztási minták, fogyasztói szokások megváltoztatása úgy, hogy kevesebb vizet igényeljenek, mint például a húsfogyasztás csökkentése. Ez az irány azonban vitára ad okot, mert a világméretű tendencia inkább a húsfogyasztás növekedését mutatja a csökkenés helyett.
- 3) A harmadik lehetőség – ami még csak szűk körben elismert –, hogy a termelést az alacsony víztermelékenységgű területekről a magasabb víztermelékenységgű területekre kellene csoportosítani, és így növelni a globális vízfelhasználási hatékonyságot. Erre jó példa Jordánia, amely sikeresen kiszervezte vízlábnymát, így a nála magasabb víztermelékenységgű Amerikai Egyesült Államokból importálja a búza- és rizstermékeket.

A NEMZETI ÉS NEMZETKÖZI VÍZFÜGGŐSÉG VÁLLALATI SZINTJE

Több tudományos cikk és egyéb szakmai kiadványok mellett Hoekstra (2006) tanulmányából is kiderül, hogy egyre több kormány készít nemzeti terveket vízgyűjtőket átívelő vízáthelyezésekre, valamint egyre több ország igyekszik virtuális vízbehozattal megőrizni helyi vízkészletét. E programok mellett ugyanakkor a multinacionális cégek szerepe, hatása is egyre növekszik az ivóvízágazatban, amelyek döntően befolyásolhatják egy-egy ország vízstratégiáját.

A vízlábnymmutató fontos szerepet tölthet be a földterületek értékelési szempontjánál is, mely kiterjesztve egy komplex mutatóvá fejleszthető, ami számol a terület hasznosításától függő vízhasználati lehetőségeivel is. A nemzetközi vízfűggőség jelentős és emelkedni látszik. Ezt figyelembe véve Chapagain és Hoekstra (2007) szerint a jövőben elkészülő nemzeti és regionális vízpolitikai tanulmányok-

nak tartalmazniuk kellene a nemzetközi vagy régiók közti virtuális (a termékek export-import mozgását is figyelembe vevő) vízáramlások elemzését is. Az így nyomon követhető többletpotenciálok vagy láthatóan szűkössé váló erőforrások döntő mértékben befolyásolhatják a multinacionális cégek telephelyválasztását a jövőben.

A termékek árai általában a vízköltségeket sem tükrözik a vízügyi ágazat átláthatatlan támogatásai miatt. Emellett a közvélemény a megtermelt termékek és szolgáltatások vonatkozásában gyakran tisztában van ugyan az energiaszükséglettel – a vízszükséglettel viszont egyáltalán nem. A fogyasztási minták és a fogyasztói viselkedés szélesebb körű és pontosabb megközelítésére lenne szükség, ahol a szokásokat az árképzés, a figyelemfelkeltés, a termékek címkézése vagy más ösztönzők bevezetése megváltoztatja.

Az Lloyd's (2009) egyik számában beszámol a világ legvízigényesebb ágazatairól (mezőgazdaság, erdészet, fémbányászat, energiaszektor, biotechnológia, high-tech ipar és az itálvállalatok), amelyeknek megoldásként a vízlábnyom-számítások alkalmazását javasolja, ezekből fontos következtetések vonhatók le, illetve fenntartható vízgazdasági intézkedések kezdeményezhetőek. Várhatóan 2011-re befejeződik egy ISO vízlábnyomszabvány kidolgozása, amely jelentős szakadékot tölthet ki a környezeti menedzsmenten belül. Ez egy olyan szabvány, amely el tudja magyarázni és meg tudja határozni, mi a vízlábnyom, alapvetően fontos összefüggést biztosít a többi környezeti mutatóval, mint amilyenek az életciklus alapú mutatók, különösen a karbonlábnyom, valamint más szabványokkal az ISO 14000 családból (ISO, 2010). A 21. századi víz körüli összetett kihívások a következő években csak fokozódni fognak, és a vállalatoknak fel kell készülniük, hogy részt vegyenek a saját hagyományos kényelmi zónájukon túl is ennek a kritikus erőforrásnak a hosszú távú fenntartásában (WFF, Sabmiller, 2009).

A VÍZLÁBNYOM INDIKÁTOR ALKALMAZÁSA ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

A vízlábnyom alkalmazásának háttere és a módszertani vizsgálatok bemutatása világossá teszi számunkra, hogy a kereslet által irányított vízkészlet-gazdálkodás mind a klímaváltozáshoz való alkalmazkodást, mind az alacsony energiafogyasztáshoz való hozzájárulást jelenheti Európa-szerte, és így tulajdonképpen mind a vízfelhasználás, mind az energiafelhasználás trendjei helyes irányba terelődhetnek. Ezzel egy ütemben fontos feltárni az energiafelhasználás és a vízfelhasználás közötti részletes összefüggéseket, mivel a felhasznált természeti erőforrás piaci értelmezése csak ezen összefüggések pontos ismeretében hajtható végre.

A vízgazdaságtani tudományterület térnyerése révén valóban megtudhatjuk, mennyi vizet használunk és használhatunk fel a termelési folyamatok kiszolgálásához, a rendelkezésünkre álló, azaz a kínálati vízmennyiséget túl- vagy alulhasználjuk-e, tehát nem nagyobb-e a vízlábnyomunk, mint amekkora az a rendelkezésre álló ökológiai térben lehetne. Köztudott, hogy az életet adó lokális vízrendszereink, amelyeket elsősorban az ellenőrizhetetlen globális rendszerek használatával teszünk folyamatosan tönkre, elképesztően sérülékenyek. A vízgazdaságtannak és vízlábnyom-számításoknak köszönhetően, a jövőben ki tudjuk fejezni, hogy a globális

termelés és kereskedelem okozta virtuális vízfogyasztásnak mekkora a pénzben is kifejezhető mértéke, milyen piaci inerciarendszerben optimalizálható nemcsak a „látható”, hanem a „virtuális” vízhasználat költsége.

A globális vízhasználati rendszerek ma nemcsak ökológiailag jelentenek zsákutcát, hanem üzletileg is. Az elmúlt években a lokális rendszereken keresztül történő biomassza alapú energiatermelés körül zajló viták világítottak rá arra, hogy a mezőgazdasági termelést lehet energia- és vízpazarló módon is folytatni, illetve mindezeknek fenntartható gazdálkodási kereteket is szabni. Ha termelési folyamatok révén visszaállíthatjuk a regionális rendszerek helyes vízgazdálkodását, a hasznok nemcsak a környezeti, hanem az ökoszociális területeken is érvényesülhetnek. A termelést tudatosan az alacsony víztermelékenységgű területekről a magasabb víztermelékenységgű területekre lehet csoportosítani, így növelhető a globális vízfelhasználás hatékonysága.

Amennyiben a vízlábnyom-számítás módszertana és adatfelhasználása megfelelő formát ölt, a vízhasználati rendszerek optimalizálásával kapott komparatív előnyök alapján is kijelölhetők lesznek a megfelelő termőhelyek (a kukorica vagy gabonafélék vonatkozásában) – nemcsak hazánkban, hanem az EU-ban is lehet vízlábnyom alapján termőhelyeket optimalizálni.

Azonban azt nagyon fontos hangsúlyozni, hogy a globális és lokális vízhasználati rendszerek pontos megismerése, a rendszerelemek tudatos, gazdasági alapadatokat sem nélkülöző azonosítása alapfeltétele a fenntartható vízgazdálkodási rendszerek kialakításának. Ezért a jövőben készülő nemzeti és regionális vízpolitikai tanulmányoknak tartalmazniuk kell a nemzetközi vagy régiók közötti virtuális (a termékek export-import mozgását is figyelembe vevő) vízáramlások elemzését.

Az egyre pontosabb és szélesebb körben elérhető hidrológiai felmérések eredményeképpen már ma is fel kell ismerni, hogy Magyarország a (közel)jövőben hidrológiai értelemben központi, stratégiai területté válhat. Véleményünk szerint a vízlábnyommutató elterjedése képes lehet átértékelni a föld- és ingatlanterületek jelenlegi piaci árait. Ennek pozitív lehetőségeit nemzeti, regionális és kisebb területi szinteken is ki kell használni. Az így nyomon követhető többletpotenciálok vagy láthatóan szűkössé váló erőforrások döntő mértékben befolyásolhatják a multinacionális cégek telephelyválasztását is a jövőben. A pénzügyi rendszerek újjáalakulása jó lehetőséget kínál a jó vízgazdálkodási gyakorlat gazdasági rendszer-elemmé válásának kialakításához is, akár például a víz használatának tőzsdei kereskedelmén keresztül.

A vizet a közgazdaságtan a termelési erőforrások közé sorolja, de a szabad javak között is számon tartja. Éppen ezért a tulajdonviszonyok kiterjesztése (például vízkvótarendszer bevezetése) mérsékelhetné túlzott kihasználását, szennyezését. A víznek homogén piaca nincs, ezért árképzése is igen kényes terület. Összetett tulajdonságait tekintve (nélkülözhetetlen, rugalmatlan, véges, oszthatatlan, helyhez kötött) arra a következtetésre juthatunk, hogy ott és úgy kell használni, ahol és ahogyan megjelenik (egy lokális rendszeren belül), ellenkező esetben visszafordíthatatlan egyensúlyváltozás lehet a felelőtlen vízhasználat (pl. globális vízexport növekedésének) következménye.

IRODALOM

- CHAPAGAIN, A. K., HOEKSTRA, A. Y.: *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products*. In: Value of Water Research Report Series No. 13., UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, 2003.
- CHAPAGAIN, A. K., HOEKSTRA, A. Y.: *Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern*. In: Craswell, Eric et al. (szerk.): *Integrated assessment of water resources and global change*. Springer, Dordrecht, the Netherlands, 2007, pp. 34-48.
- CHAPAGAIN, A. K., HOEKSTRA, A. Y.: *Water Footprint of Nations, Volume 2: Appendices*. In: Value of Water Research Report Series No. 16. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, 2004. www.waterfootprint.org/Reports/Report16Vol2.pdf Letöltve: 2010. 08. 25.
- COASE, R.: „The Problem of Social Cost.” *The Journal of Law and Economics*, vol. 3., 1960. október, pp. 1-44. (Magyarul megjelent: „A társadalmi költségek problémája. Struktúrák, Szervezetek, Stratégiák.” *Ipargazdasági Szemle*, 1992/ 1., 15-44. o.)
- CropWat („a”): *Help: Reference Evapotranspiration (ETo)*. Letöltve: 2010. 07. 17.
- CropWat („b”): *Help: Radiation*. Letöltve: 2010. 07. 17.
- CropWat („c”): *Help: Crop Water Requirement*. Letöltve: 2010. 07. 17.
- E. J. MISHAN: *Költség – haszon elemzés*. Kereskedelmi és Jogi Kiadó, Budapest, 1982, 137-139. o
- FAO: *Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities*. ESSB Commodity Tree No. 1, No. 59., 2003, pp. 560-562. www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/methodology/tcf.pdf Letöltés: 2010. 09. 04.
- FAO („a”): *CropWat 8.0*. www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html Letöltés: 2010. 06. 12.
- FAO („b”): *ClimWat 2.0*. www.fao.org/nr/water/infores_databases_climwat.html Letöltés: 2010. 06. 12.
- FAO („c”): *Example of use CropWat 8.0*. p. 3. www.fao.org/nr/water/docs/CROPWAT8.0Example.pdf Letöltés: 2010. 07. 17.
- HARDIN, GARRETT: *A közlegelők tragédiája*. In: Lányi, András (szerk.): *Természet és szabadság*. ELTE Szociológiai és Szociálpolitikai Intézet, Oziris, Budapest, 2003, 223-224. o. www.filozofia.bme.hu/~zemplen/KULT/Commons.pdf
- HOEKSTRA, A. Y.: *The global dimension of water governance: Nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems*. In: Value of Water Research Reports Series No. 20. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, 2006. www.waterfootprint.org/Reports/Report_20_Global_Water_Governance.pdf
- HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M., MEKONNEN, M. M.: *Water footprint manual: State of the art 2009*. Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands, 2009. pp. 8-97. www.waterfootprint.org/downloads/WaterFootprintManual2009.pdf
- ISO considers potential standard on water footprint. 2010. www.iso.org/iso/isofocusplus_bonus_water-footprint
- KEREKES, S., FOGARASSY, Cs.: *Környezetgazdálkodás, fenntartható fejlődés*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, 2006, p. 69. www.users2.ml.mindenkilapja.hu/users/rgkmsc/uploads/Kornygazd-pro-1.pdf
- „Worldwide water crisis: Time is running out”. LLOYD’S. 2009. www.lloyds.com/News-and-Insight/News-and-Features/360-News/Environment-360/worldwide_water_crisis_time_is_running_out Letöltés: 2010. 07. 15.
- NEUBAUER, É.: *Vízlábnym Magyarországon*. Tudományos Diákköri Konferencia (2010. 11. 24.), Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Gödöllő, 2010, 60. o.
- STERN, NICHOLAS: *The Economics of climate change*. The Stern review, H. M. Treasury, London, 2006.
- PIGOU, ARTHUR C.: *The Economics of welfare*. 4th Edition. Macmillan and Co., London, (1920/1932).

SAMUELSON, P., NORDHAUS, D.: *Közgazdaságtan*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2009.
STIGLITZ, J. et. al: *Report by the Comission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. London–Paris, 2008.
SZLÁVIK, J. et al.: *Környezetgazdaságtan*. Typotex Kiadó, Budapest , 2007.
WWF and Sabmiller: *Water Footprinting Report 2009*. p. 24. [www.sabmiller.com/files/ reports/ water_footprinting_report.pdf](http://www.sabmiller.com/files/reports/water_footprinting_report.pdf)